

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-208554

(43)Date of publication of application : 07.08.1998

(51)Int.Cl.

H01B 5/14  
B32B 7/02  
B32B 9/00  
G02F 1/1343

(21)Application number : 09-009971

(71)Applicant : CANON INC

(22)Date of filing : 23.01.1997

(72)Inventor : TAKADA KUNIO

## (54) TRANSPARENT CONDUCTIVE FILM AND LIQUID CRYSTAL ELEMENT USING THE SAME

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To enable patterning once, obtain wiring resistance and beam transmission rate applicable to a large area liquid crystal display in a conventional film thickness, and restrain display faults due to alignment abnormality of liquid crystal by sequentially laminating a tin-added indium oxide (ITO) film, high-conductivity metal film, ITO film, high-conductivity metal film, and ITO film on a substrate.

**SOLUTION:** A transparent conductive film of this invention in which three-layered ITO films and two-layered high-conductivity metal film are alternately laminated on a glass substrate or the like has a film thickness of about 150nm, wiring resistance of about 20k $\Omega$ , and beam transmission rate in a visible region of 80% or more. When this is a transparent electrode of a liquid crystal element, there is less occurrence of liquid crystal alignment abnormality due to influence of a step. High-conductivity metal films of second and fourth layers are suitable to use of silver from the viewpoint of cost efficiency, corrosion resistance, and conductivity. In addition, a total of the film thickness of the second and fourth layers is 10 to 15nm, thereby performance required by a 15 inch-class large area liquid crystal display is realized.

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

---

## CLAIMS

---

### [Claim(s)]

[Claim 1] The transparent electric conduction film which comes to carry out the laminating of the 1st layer which consists of indium oxide which added tin on the substrate, the 2nd layer which consists of a high conductivity metal membrane, the 3rd layer which consists of indium oxide which added tin, the 4th layer which consists of a high conductivity metal membrane, and the 5th layer which consists of indium oxide which added tin one by one.

[Claim 2] The 2nd which consists of a high conductivity metal membrane in a claim 1, the transparent electric conduction film characterized by the 4th layer being Ag.

[Claim 3] The transparent electric conduction film characterized by being in the 2nd which consists of a high conductivity metal membrane in a claim 1, and the range whose sum total of the thickness of the 4th layer is 10nm or 15nm.

[Claim 4] The transparent electric conduction film with which thickness of the 4th layer which consists of a high conductivity metal membrane is characterized by being below the thickness of the 2nd layer in a claim 3.

[Claim 5] The transparent electric conduction film with which the refractive

index of the 5th layer which consists of indium oxide which added tin in a claim 1 is characterized by being below the refractive index of the 1st layer.

[Claim 6] The transparent electric conduction film with which the thickness of the 5th layer which consists of indium oxide which added tin in a claim 1 is below the thickness of the 1st layer, and is characterized by being in the range of 30nm or 50nm.

[Claim 7] The liquid crystal device which has a transparent electric conduction film according to claim 1 to 6.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

### [Detailed Description of the Invention]

#### [0001]

[The technical field to which invention belongs] The light transmission of this invention in a visible light wave length field is good, and electric resistance (only henceforth "resistance") is related with the transparent electric conduction film which can be small used as a high current electrode, and the liquid crystal device using it.

#### [0002]

[Description of the Prior Art] a transparent electric conduction film -- a tin addition indium oxide film (henceforth an ITO film), and ZnO and SnO<sub>2</sub> etc. -- although it is -- the inside of it -- an ITO film -- conductivity -- the display of various kinds [ light

transmission / in a visible light wave length field / former / eye a good hatchet and ] moreover and the transparent electrode of a solar battery, thermal reflex glass, antifog, waterproofing, antistatic glass, and electromagnetism -- it is used for seal glass etc.

[0003] For example, while large area-ization progresses increasingly in the liquid crystal display for a display in recent years, improvement in display density is achieved and the low transparent electric conduction film of a high light transmission and wiring resistance has come to be required. And since inter-electrode distance influences contrast greatly, as for the thickness of a transparent electric conduction film, 150nm or less is called for in general. thus -- the liquid crystal display for a display -- the improvement in display quality, and the improvement in productivity sake -- a thin film -- and -- low -- a transparent electric conduction film [ \*\*\*\* ] has come to be called for [0004] low -- Sn, aluminum, etc. are added to In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZnO, etc., or the attempt which adds F etc. as creation technology of a transparent electric conduction film [ \*\*\*\* ] is made from the former Generally such a transparent electric conduction film is formed using the sputtering method, a vacuum deposition, the ion plating method, etc. the inside of it -- In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SnO<sub>2</sub> and ZnO-aluminum 2O<sub>3</sub> etc. -- many sputtering methods

using the target or the sintering pellet are used

[0005] in order to heighten the donor effect of an addition component and to realize low resistivity, it is necessary to raise crystallization and the method of generally making the degree of basis board temperature under membrane formation the elevated temperature of 200 degrees C - 300 degrees C is taken However, it is necessary to form a transparent electric conduction film on an organic light filter, and the present condition is that the low-temperature membrane formation of 200 degrees C or less in membrane formation temperature cannot adopt low resistance-ization by asking and elevated-temperature-izing substrate temperature in the liquid crystal display of the color STN method which attracts attention recently.

[0006] in order to solve these problems, JP,6-68713,A sees -- as -- low -- how to form high conductivity metals, such as Au, Ag, and Cu, in a super-thin film as a transparent electric conduction film [ \*\*\*\* ] is considered

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Although the transparent electric conduction film used today did not become the problem that the wiring resistance was big, to the liquid crystal display of a 10 inch class, since wiring resistance became large in the large area liquid crystal display of a 15 inch class, it

increased thickness, such as ITO, and tended to solve this problem. However, while thickness increases, since specific resistance increases in monotone, it is difficult to use it as an electrode for high currents. Moreover, if thickness exceeds about 300nm in the transparent electrode for liquid crystal displays, under the influence of the level difference, it will be easy to cause abnormalities in the orientation state of liquid crystal, and will become the cause of a display defect. Therefore, the transparent electrode which can pass a high current by the thin film (about 150nm) as much as possible was called for.

[0008] Moreover, although the technique of forming a metal film in the part on an ITO film was taken in order to lower wiring resistance conventionally, patterning was performed after membrane formation of an ITO film in this case, and 2 times of the patterning processes of membrane formation and patterning of a metal film were needed for after an appropriate time, and while the man day increased, it had become cost quantity very much.

[0009] Moreover, although to form high conductivity metals, such as Au, Ag, and Cu, in a super-thin film was also tried, since transparency was upwards inferior and weatherability was remarkably inferior alone, it is [ a fault that reliability is missing over a long period of time ] and was not practical [ these high

conductivity metal membranes ].

Therefore, although the method of forming and protecting an ITO film to the upper and lower sides of these high conductivity metals was also devised, it was difficult to realize the transparent electric conduction film with which are satisfied of the light transmission in the visible region demanded in the large area liquid crystal display of a 15 inch class, and the both sides of wiring resistance.

[0010] It is to offer the liquid crystal device in which large-area-izing is possible, the purpose of this invention suppressing the transparent electric conduction film which can be processed by one patterning, and the display defect depended still more unusually [ the orientation of liquid crystal ] while it cancels the fault of this conventional transparent electric conduction film and has a light transmission and wiring resistance applicable also to a large area liquid crystal display by ordinary thickness conventionally.

[0011]

[Means for Solving the Problem] The composition of this invention accomplished that the above-mentioned purpose should be attained is as follows. [0012] That is, the 1st of this invention is in the transparent electric conduction film which comes to carry out the laminating of the 1st layer which consists of indium oxide which added tin on the substrate, the 2nd layer which consists of

a high conductivity metal membrane, the 3rd layer which consists of indium oxide which added tin, the 4th layer which consists of a high conductivity metal membrane, and the 5th layer which consists of indium oxide which added tin one by one.

[0013] Moreover, the 2nd of this invention is in the liquid crystal device which has the transparent electric conduction film of the above-mentioned this invention 1st.

[0014] according to the transparent electric conduction film of this invention -- about 150nm thickness -- wiring resistance -- about twenty -- the transparent electric conduction film with which low resistance wiring which is about kohms is enabled, and the light transmission in the range of 400nm - 700nm wavelength has 80% or more of high transparency is realized And if this transparent electric conduction film is applied to the transparent electrode of a liquid crystal device, since it has the light transmission and wiring resistance which can be equal also to large area-ization of a liquid crystal device, without abnormalities occurring in the orientation state of liquid crystal under the influence of the level difference, the outstanding large area liquid crystal display without a display defect is realizable.

[0015]

[Embodiments of the Invention] In this invention, as a high conductivity metal

membrane material which constitutes the 2nd and the 4th layer, Au, Ag, Cu, etc. can be used and cost, corrosion resistance, and Ag that is excellent in respect of conductivity are desirable.

[0016] Moreover, as for the thickness of the 2nd and the 4th layer which consist of the above-mentioned quantity conductivity metal membrane, it is desirable that it is in the range those sum totals of whose are 10nm or 15nm. It is difficult to realize wiring resistance (in general 30 K or less ohms) required as the sum total of this thickness being less than 10nm in the large area liquid crystal display of a 15 inch class. It is difficult to, realize the light transmission (for it to be 80% or more in general at the range of 400nm - 700nm wavelength) of the visible region demanded in the large area liquid crystal display of a 15 inch class on the other hand, if the sum total of this thickness exceeds 15nm.

[0017] Moreover, in order to carry out the distribution of the light transmission in the range of 400nm - 700nm wavelength to a desirable flat distribution, as for the thickness of the 4th layer which consists of the above-mentioned quantity conductivity metal membrane, it is desirable to carry out to below the thickness of the 2nd layer.

[0018] Moreover, as for the refractive index of the 5th layer which consists of indium oxide which added tin, it is desirable that it is below the refractive

index of the 1st layer. The manufacture margin from which the light transmission of the visible region demanded in the large area liquid crystal display of a 15 inch class is obtained by this becomes large. If it is below the thickness of the 1st layer and the thickness of the 5th layer is specifically set in general as the range of 30nm or 50nm when the refractive index of the 5th layer is set below to the refractive index of the 1st layer, the above-mentioned light transmission is realizable.

[0019] Next, the example of the manufacture process of the transparent electric conduction film of this invention is explained.

[0020] In 203 which washed the glass substrate using pure water and the ultrasonic wave first, and added Sn as the 1st layer using the well-known membrane formation methods, such as the membrane formation means of common use, for example, the sputtering method, the ion plating method, and CVD, It forms so that it may become the thickness of a request of a film (ITO film). The 2nd layer uses Ag as a target, it forms by the sputtering method, and the ITO film of the 3rd layer is formed by the same method as forming the ITO film of the 1st layer. Layer [ 4th ] Ag layer can be formed by the same method as layer [ 2nd ] Ag layer. The ITO film of the 5th layer can be formed by the same method as forming the ITO film of the 1st layer.

[0021] The thickness of each class can be controlled by changing the power to supply and membrane formation time. In the case of an ITO film, about a refractive index, it is possible by controlling oxygen tension or substrate heating temperature, and, in the case of Ag, a film with the refractive index near the value of bulk is formed in atmosphere in which impure gas is not made to mix as much as possible.

[0022] Although it is possible to use a sputtering system or a CVD system general-purpose as membrane formation equipment, generally a sputtering system is used. As an equipment performance, ultimate vacuum can use the membrane formation equipment which has the degree of vacuum which is about two to  $5 \times 10^{-5}$  Pa.

[0023]

[Example] Hereafter, the example of this invention is explained in detail.

[0024] (Example 1) In this example, the five-layer laminating type transparent electric conduction film was formed on the glass substrate. Drawing 1 is the \*\* type view of this transparent electric conduction film, and, for the 1st layer and 2, as for the 3rd layer and 4, the 2nd layer and 3 are [ 0 / a glass substrate and 1 / the 4th layer and 5 ] the 3rd layer.

[0025] Pure water washes a 450mmx550mm glass substrate. first, after an appropriate time An ITO film is formed as the 1st layer by the refractive

index 1.9, 50nm of thickness, and each thickness that shows Ag in Table 1 as the 2nd layer. The ITO film was formed for Ag by each thickness shown in Table 1 as a refractive index 1.9, 50nm of thickness, and the 4th layer as the 3rd layer, membranes were formed one by one and the transparent electric conduction film was formed so that it might become a refractive index 1.9 and 50nm of thickness about an ITO film as the 5th layer at the last. The membrane formation conditions of each class are as follows.

[0026]

[The ITO film of the 1st layer, the 3rd layer, and the 5th layer]

Ultimate vacuum :  $5 \times 10^{-5}$  to  $5 \times 10^{-4}$  Pa Types of gas : Ar=300sccm, O<sub>2</sub>=1.3sccm Gas pressure : 0.6Pa Injection power : 2.0 W/cm<sup>2</sup> [Ag of the 2nd layer and the 4th layer]

Ultimate vacuum :  $5 \times 10^{-5}$  to  $5 \times 10^{-4}$  Pa Types of gas : Ar=210sccm Gas pressure : 0.9Pa Injection power : 0.5 - 1.2 W/cm<sup>2</sup> It doubles with each thickness in the range, and is adjustment [0027]. In this example, Ag of the 2nd layer and the 4th layer was set as the same thickness, and five kinds of transparent electric conduction films such total thickness of whose is 30nm, 25nm, 20nm, 15nm, and 10nm were formed. Patterning of five kinds of these transparent electric conduction films was carried out to the circuit pattern with a wiring length of about 250mm by wiring

width of face of 10 micrometers, and the sample of the panel for liquid crystal of a 15 inch class was created.

[0028] The refractive index of the five above-mentioned kinds of samples was measured by the ellipsometer, and resistance was measured with the commercial resistance circuit tester. Consequently, although sufficient light transmission (permeability in the range of 400nm - 700nm wavelength) is not obtained if the thickness which Ag of the 2nd layer and the 4th layer totaled is in a thing 20nm or more as shown in Table 1 If the thickness which Ag of the 2nd layer and the 4th layer totaled was in some which are 10nm - 15nm, as for permeability, wiring resistance was also able to form the transparent electric conduction film of a practical use region mostly about 80%. In addition, if the thickness which Ag of the 2nd layer and the 4th layer totaled becomes thinner than 10nm, wiring resistance will become large too much.

[0029]

[Table 1]

第1層		第2層		第3層		第4層		第5層				透過率 (%)		配線抵抗	
ITO		Ag		ITO		Ag		ITO							
膜厚 (nm)	屈折率	膜厚 (nm)	屈折率	膜厚 (nm)	屈折率	膜厚 (nm)	屈折率	膜厚 (nm)	屈折率	合計膜厚 (nm)	合計屈折率	400nm	700nm	合計抵抗 (Ω)	
1.9	50	.05	15	1.9	50	.05	15	1.9	50	180	72	27	12.0		
1.9	50	.05	12.5	1.9	50	.05	12.5	1.9	50	175	75	43	14.3		
1.9	50	.05	10	1.9	50	.05	10	1.9	50	170	77	85	17.8		
1.9	50	.05	7.5	1.9	50	.05	7.5	1.9	50	165	78	88	22.9		
1.9	50	.05	5	1.9	50	.05	5	1.9	50	160	80	93	32.9		

[0030] Pure water washes a 450mmx550mm glass substrate like an example 1. (Example 2) After an

appropriate time, an ITO film as the 1st layer A refractive index 1.9, 50nm of thickness, As the 2nd layer, Ag is formed by each thickness shown in Table 2, as the total thickness with Ag of the 5th layer is set to 15nm. An ITO film is formed as a refractive index 1.9, 50nm of thickness, and the 4th layer as the 3rd layer by each thickness shown in Table 2 as the total thickness with Ag of the 2nd layer is set to 15nm in Ag. Membranes were formed one by one and the transparent electric conduction film was formed so that it might become the last with a refractive index 1.9 and 50nm of thickness about an ITO film as the 5th layer. The membrane formation conditions of each class are as follows.

[0031]

[The ITO film of the 1st layer, the 3rd layer, and the 5th layer]

Ultimate vacuum : 5x10 to 5 Pa Types of gas : Ar=300sccm, O<sub>2</sub> =1.3sccm Gas pressure : 0.6Pa Injection power : 2.0 W/cm<sup>2</sup> [Ag of the 2nd layer and the 4th layer]

Ultimate vacuum : 5x10 to 5 Pa Types of gas : Ar=210sccm Gas pressure : 0.9Pa Injection power : 0.5 - 1.2 W/cm<sup>2</sup> It doubles with each thickness in the range, and is adjustment [0032]. At this example, the thickness which Ag of the 2nd layer and the 4th layer totaled was set as 15nm, and five kinds of transparent electric conduction films were formed in the combination from which such thickness

differs. Patterning of five kinds of these transparent electric conduction films was carried out to the circuit pattern with a wiring length of about 250mm by wiring width of face of 10 micrometers, and the sample of the panel for liquid crystal of a 15 inch class was created.

[0033] The refractive index of the five above-mentioned kinds of samples was measured by the ellipsometer, and resistance was measured with the commercial resistance circuit tester.

Consequently, if Ag of the 4th layer was in the thing smaller than the thickness of Ag of the 2nd layer as shown in Table 2, it turns out that a desirable distribution [ almost flat light transmission / in the range of 400nm - 700nm wavelength ] is shown. Moreover, when the thickness of Ag of the 4th layer and Ag of the 2nd layer is equal, permeability is the highest and Ag of the 4th layer becomes large rather than the thickness of Ag of the 2nd layer, there is an inclination for permeability to fall. As for the thickness of Ag of the above thing to the 4th layer, it is desirable to set below to the thickness of Ag of the 2nd layer.

[0034]

[Table 2]

第1層		第2層		第3層		第4層		第5層			透過率 (%)	反射係數 (%)
ITO		Ag		ITO		Ag		ITO				
膜厚 (nm)	屈折率	膜厚 (nm)	屈折率	膜厚 (nm)	屈折率	膜厚 (nm)	屈折率	膜厚 (nm)	屈折率	合計膜厚 (nm)	波長 400nm	波長 700nm
1.9	50	.05	13	1.9	50	.05	2	1.9	50	165	68	87
1.9	50	.05	10	1.9	50	.05	5	1.9	50	165	78	79
1.9	50	.05	7.5	1.9	50	.05	7.5	1.9	50	165	79	84
1.9	50	.05	5	1.9	50	.05	10	1.9	50	165	78	83
1.9	50	.05	3	1.9	50	.05	12	1.9	50	165	75	80

[0035] Pure water washes a 450mmx550mm glass substrate like an example 1. (Example 3) After an appropriate time, an ITO film as the 1st layer A refractive index 1.9, 50nm of thickness, Ag is formed by 10nm of thickness as the 2nd layer. an ITO film as the 3rd layer A refractive index 1.9, 50nm of thickness, As Ag is formed by 5nm of thickness as the 4th layer and it is shown in Table 3 as the 5th layer, the refractive index of an ITO film at the end The range of 1.9 to 1.7, From 50nm of thickness, it is the range of 10nm (if it is in some which set the refractive index to 1.7, it is 20nm from 60nm of thickness), membranes were formed one by one, and the transparent electric conduction film was formed. The membrane formation conditions of each class are as follows.

[0036]

[The ITO film of the 1st layer and the 3rd layer]

Ultimate vacuum :  $5 \times 10^{-5}$  to  $5 \times 10^{-4}$  Pa Types of gas : Ar=300sccm, O<sub>2</sub> =1.3sccm Gas pressure : 0.6Pa Injection power : 2.0 W/cm<sup>2</sup> [Ag of the 2nd layer and the 4th layer]

Ultimate vacuum :  $5 \times 10^{-5}$  to  $5 \times 10^{-4}$  Pa Types of gas : Ar=210sccm Gas pressure : 0.9Pa Injection power : 0.5 - 1.2 W/cm<sup>2</sup>

According to each thickness, it adjusts in the range. [ITO film of the 5th layer]

Ultimate vacuum :  $5 \times 10^{-5}$  to  $5 \times 10^{-4}$  Pa Types of gas : Ar=300sccm, O<sub>2</sub> =0.8 - 4.0sccm Gas pressure : 0.6Pa Injection power : 0.5 - 2.0

W/cm<sup>2</sup> It doubles with each thickness in the range, and is adjustment [0037]. In this example, the refractive index of the ITO film of the 5th layer was set as three kinds, thickness was set as five kinds, respectively, and a total of 15 kinds of transparent electric conduction films were formed. Patterning of 15 kinds of these transparent electric conduction films was carried out to the circuit pattern with a wiring length of about 250mm by wiring width of face of 10 micrometers, and the sample of the panel for liquid crystal of a 15 inch class was created.

[0038] The refractive index of the 15 above-mentioned kinds of samples was measured by the ellipsometer, and resistance was measured with the commercial resistance circuit tester. Consequently, the transparent electric conduction film with which wiring resistance enables low resistance wiring not more than 25kohm in this example which set the refractive index of the 5th layer below to the refractive index of the 1st layer by the about 150nm thickness demanded by the large area liquid crystal display as shown in Table 3, and the light transmission in the range of 400nm - 700nm wavelength has 80% or more of high transparency was realized. If it was in some which set the refractive index of the ITO film of the 5th layer as 1.7 especially, the range with which are satisfied of the above-mentioned demand

was wide, and when it is below the thickness of the 1st layer and the thickness of the 5th layer was specifically set in general as the range of 30nm or 50nm, it turns out that wiring of the practical use range is realizable.

[0039]

[Table 3]

第1層		第2層		第3層		第4層		第5層		透過率 (%)		配線抵抗
ITO		Ag		ITO		Ag		ITO				
屈折率	膜厚 (nm)	屈折率	膜厚 (nm)	屈折率	膜厚 (nm)	屈折率	膜厚 (nm)	屈折率	膜厚 (nm)	合計膜厚 (nm)	400nm	700nm
1.9	50	.05	10	1.9	50	.05	5	1.9	50	185	75	79
1.9	50	.05	10	1.9	50	.05	5	1.9	40	156	76	83
1.9	50	.05	10	1.9	50	.05	5	1.9	30	145	77	84
1.9	50	.05	10	1.9	50	.05	5	1.9	20	136	82	80
1.9	50	.05	10	1.9	50	.05	5	1.9	10	126	87	72
1.9	50	.05	10	1.9	50	.05	5	1.8	50	185	79	81
1.9	50	.05	10	1.9	50	.05	5	1.8	40	156	79	83
1.9	50	.05	10	1.9	50	.05	5	1.8	30	145	80	82
1.9	50	.05	10	1.9	50	.05	5	1.8	20	136	84	77
1.9	50	.05	10	1.9	50	.05	5	1.8	10	126	88	77
1.9	50	.05	10	1.9	50	.05	5	1.7	50	175	83	78
1.9	50	.05	10	1.9	50	.05	5	1.7	50	185	82	82
1.9	50	.05	10	1.9	50	.05	5	1.7	40	156	82	82
1.9	50	.05	10	1.9	50	.05	5	1.7	30	145	83	80
1.9	50	.05	10	1.9	50	.05	5	1.7	20	135	85	75

[0040] Pure water washes a 450mmx550mm glass substrate like an example 1. (Example 4) As shown in Table 4 as the 1st layer, after an appropriate time, the refractive index of an ITO film The range of 1.9 to 1.7, Form thickness in 50 to 10nm, and Ag is formed by 10nm of thickness as the 2nd layer. Ag was formed for the ITO film by 5nm of thickness as a refractive index 1.9, 50nm of thickness, and the 4th layer as the 3rd layer, membranes were formed one by one and the transparent electric conduction film was formed so that it might become a refractive index 1.9 and 50nm of thickness about an ITO film as a

layer [ 5th ] layer at the last. The membrane formation conditions of each class are as follows.

[0041]

[The ITO film of the 1st layer]

Ultimate vacuum : 5x10 to 5 Pa Types of gas : Ar=300sccm, O<sub>2</sub>=0.8 - 4.0sccm Gas pressure : 0.6Pa Injection power : 0.5 - 2.0 W/cm<sup>2</sup> According to each thickness, it adjusts in the range. [Ag of the 2nd layer and the 4th layer]

Ultimate vacuum : 5x10 to 5 Pa Types of gas : Ar=210sccm Gas pressure : 0.9Pa Injection power : 0.5 - 1.2 W/cm<sup>2</sup>

According to each thickness, it adjusts in the range. [ITO film of the 3rd layer and the 5th layer]

Ultimate vacuum : 5x10 to 5 Pa Types of gas : Ar=300sccm, O<sub>2</sub>=1.3sccm Gas pressure : 0.6Pa Injection power : 2.0 W/cm<sup>2</sup> [0042] In this example, the

refractive index of the ITO film of the 1st layer was set as three kinds, thickness was set as five kinds, respectively, and a total of 15 kinds of transparent electric conduction films were formed. Patterning of 15 kinds of these transparent electric conduction films was carried out to the circuit pattern with a wiring length of about 250mm by wiring width of face of 10 micrometers, and the sample of the panel for liquid crystal of a 15 inch class was created.

[0043] The refractive index of the 15 above-mentioned kinds of samples was measured by the ellipsometer, and

resistance was measured with the commercial resistance circuit tester. Consequently, in this example which set the refractive index of the 1st layer below to the refractive index of the 5th layer conversely [ an example 3 ], even if it changed the thickness of the 1st layer from 50nm in 10nm, both sides were not able to make a light transmission 80% or more simultaneously in the range with a wavelength of 400nm - 700nm. It was proved that setting the refractive index of the 5th layer below to the refractive index of the 1st layer like an example 3 also from this had a big meaning.

[0044]

[Table 4]

第1層		第2層		第3層		第4層		第5層		合計 膜厚 (nm)	透過率 (%)		反射 率 (%)
ITO		Ag		ITO		Ag		ITO			400nm		
屈折率	膜厚 (nm)	屈折率	膜厚 (nm)	屈折率	膜厚 (nm)	屈折率	膜厚 (nm)	屈折率	膜厚 (nm)		400nm	700nm	
1.9	50	.05	10	1.9	50	.05	5	1.9	50	166	75	79	22.9
1.9	40	.05	10	1.9	50	.05	5	1.9	50	156	79	78	23.1
1.9	30	.05	10	1.9	50	.05	5	1.9	50	145	83	75	23.2
1.9	20	.05	10	1.9	50	.05	5	1.9	50	135	86	72	23.3
1.9	10	.05	10	1.9	50	.05	5	1.9	50	126	87	70	23.5
1.8	50	.05	10	1.9	50	.05	5	1.9	50	165	79	76	22.9
1.8	40	.05	10	1.9	50	.05	5	1.9	50	155	82	75	23.1
1.8	30	.05	10	1.9	50	.05	5	1.9	50	145	85	73	23.2
1.8	20	.05	10	1.9	50	.05	5	1.9	50	135	86	71	23.3
1.8	10	.05	10	1.9	50	.05	5	1.9	50	125	86	69	23.5
1.7	50	.05	10	1.9	50	.05	5	1.9	50	166	82	73	22.9
1.7	40	.05	10	1.9	50	.05	5	1.9	50	155	84	72	23.1
1.7	30	.05	10	1.9	50	.05	5	1.9	50	145	86	71	23.2
1.7	20	.05	10	1.9	50	.05	5	1.9	50	135	86	70	23.3
1.7	10	.05	10	1.9	50	.05	5	1.9	50	125	86	69	23.5

[0045] (Example 1 of comparison) In this example, the three-layer laminating type transparent electric conduction film was formed on the glass substrate. Drawing 2 is the \*\* type view of this transparent electric conduction film, and, for 10, as for the 1st layer and 12, a glass substrate

and 11 are [ the 2nd layer and 13 ] the 3rd layer.

[0046] First, as the 3rd layer, pure water washed the 450mmx550mm glass substrate, and it formed by each thickness which shows after an appropriate time as the 1st layer, and shows Ag for an ITO film in Table 5 as a refractive index 1.9, 60nm of thickness, and the 2nd layer, and the ITO film was formed one by one so that it might become a refractive index 1.9 and 60nm of thickness, and the transparent electric conduction film was formed. The membrane formation conditions of each class are as follows.

[0047]

[The ITO film of the 1st layer and the 3rd layer]

Ultimate vacuum : 5x10 to 5 Pa Types of gas : Ar=300sccm, O<sub>2</sub> =1.3sccm Gas

pressure : 0.6Pa Injection power : 2.0

W/cm<sup>2</sup> [Ag of the 2nd layer]

Ultimate vacuum : 5x10 to 5 Pa Types of gas : Ar=210sccm Gas pressure : 0.9Pa

Injection power : 0.5 - 1.2 W/cm<sup>2</sup> It

doubles with each thickness in the range, and is adjustment [0048]. In this example of comparison, the thickness of Ag of the 2nd layer formed five kinds of transparent electric conduction films which are 30nm, 25nm, 20nm, 15nm, and 10nm. Patterning of five kinds of these transparent electric conduction films was carried out to the circuit pattern with a wiring length of about 250mm by wiring

width of face of 10 micrometers, and the sample of the panel for liquid crystal of a 15 inch class was created.

[0049] The refractive index of the five above-mentioned kinds of samples was measured by the ellipsometer, and resistance was measured with the commercial resistance circuit tester. Consequently, although this example of comparison had the total thin thickness of ITO as compared with the thing of the example 1 with the total equal thickness of Ag and the light transmission with a wavelength of 700nm was equivalent, the light transmission with a wavelength of 400nm was extremely inferior. It was proved that there was a big meaning in making a transparent electric conduction film into 5 lamination like this invention from this.

[0050]

[Table 5]

第1層 ITO		第2層 Ag		第3層 ITO				透過率 (%)	配線 抵抗
屈折率	膜厚 (nm)	屈折率	膜厚 (nm)	屈折率	膜厚 (nm)	合計 膜厚 (nm)	波長 400nm	波長 700nm	合成 抵抗 [K Ω]
1.9	60	.05	30	1.9	60	150	31	32	12.11
1.9	60	.05	25	1.9	60	145	30	48	14.43
1.9	60	.05	20	1.9	60	140	50	64	17.53
1.9	60	.05	15	1.9	60	135	62	82	23.35
1.9	60	.05	10	1.9	60	130	74	95	33.90

[0051] Pure water washes a 450mmx550mm glass substrate like the example 1 of comparison. (Example 2 of comparison) It forms in 8 or 1.7 cases [ three ], after an appropriate time -- as the 1st layer -- an ITO film -- thickness -- 60nm -- a refractive index -- 1.9 and 1. -- The thickness of Ag was formed in two

cases, 10nm and 20nm, as the 2nd layer, finally thickness formed the ITO film by 60nm as the 3rd layer with the refractive index as the ITO film of the 1st layer with the same refractive index, and the transparent electric conduction film of the three-tiered structure which formed these one by one was formed. The membrane formation conditions of each class are as follows.

[0052]

[The ITO film of the 1st layer and the 3rd layer]

Ultimate vacuum : 5x10 to 5 Pa Types of gas : Ar=300sccm, O<sub>2</sub> =0.8 - 4.0sccm Gas pressure : 0.6Pa Injection power : 2.0 W/cm<sup>2</sup> [Ag of the 2nd layer]

Ultimate vacuum : 5x10 to 5 Pa Types of gas : Ar=210sccm Gas pressure : 0.9Pa Injection power : 0.5 - 1.2 W/cm<sup>2</sup> It doubles with each thickness in the range, and is adjustment [0053]. In this example,

a total of six kinds of transparent electric conduction films with which the refractive index of an ITO film differs from the thickness of Ag as shown in Table 6 were formed. Patterning of six kinds of these transparent electric conduction films was carried out to the circuit pattern with a wiring length of about 250mm by wiring width of face of 10 micrometers, and the sample of the panel for liquid crystal of a 15 inch class was created.

[0054] The refractive index of the six above-mentioned kinds of samples was

measured by the ellipsometer, and resistance was measured with the commercial resistance circuit tester. Consequently, as shown in Table 6, when Ag of the 2nd layer is 20nm, permeability is low and practical use is impossible. Although thickness restricted [ the refractive index of ITO of the 1st layer and the 3rd layer ] to 50nm in the time of Ag of the 2nd layer being 15nm 1.9, each light transmission is [ wavelength ] over 78% in 400 to 700nm and it is a little possible, a manufacture margin is not narrowly practical very much. Thus, from the wavelength of 400nm, in 700nm, each light transmission was understood are very difficult by the transparent electric conduction film of 3 lamination, in order to exceed 80%.

[0055]

[Table 6]

第1層		第2層		第3層			透過率 (%)		配線抵抗
ITO		Ag		ITO					
屈折率	膜厚 (nm)	屈折率	膜厚 (nm)	屈折率	膜厚 (nm)	合計膜厚 (nm)	波長 400nm	波長 700nm	合成抵抗 [K Ω]
1.9	80	.05	20	1.9	50	140	50	64	17.83
1.8	60	.05	20	1.8	50	140	58	56	17.83
1.7	80	.05	20	1.7	80	140	63	48	17.83
1.9	50	.05	15	1.9	50	115	79	78	23.83
1.8	50	.05	15	1.8	50	115	82	70	23.83
1.7	50	.05	15	1.7	50	115	85	63	23.83

[0056] Pure water washes a 450mmx550mm glass substrate like the example 1 of comparison. (Example 3 of comparison) As a layer which is the 1st after an appropriate time, form thickness by 50nm and a refractive index forms an ITO film in two cases, 1.9 and 1.7. The thickness of Ag was formed by 15nm as

the 2nd layer, finally, the ITO film was formed in the case of 2 of refractive indexes 1.9 and 1.7, thickness was formed in 80 to 40nm various cases as the 3rd layer, and the transparent electric conduction film of the three-tiered structure which formed these one by one was formed. The membrane formation conditions of each class are as follows. [0057]

[The ITO film of the 1st layer]

Ultimate vacuum : 5x10 to 5 Pa Types of gas : Ar=300sccm, O<sub>2</sub> =0.8 · 4.0sccm Gas pressure : 0.6Pa Injection power : 1.0 · 2.0 W/cm<sup>2</sup> According to each thickness, it adjusts in the range. [Ag of the 2nd layer] Ultimate vacuum : 5x10 to 5 Pa Types of gas : Ar=210sccm Gas pressure : 0.9Pa Injection power : 1.0 W/cm<sup>2</sup> [ITO film of the 3rd layer]

Ultimate vacuum : 5x10 to 5 Pa Types of gas : Ar=300sccm, O<sub>2</sub> =0.8 · 4.0sccm Gas pressure : 0.6Pa Injection power : 0.5 · 2.0 W/cm<sup>2</sup> It doubles with each thickness in the range, and is adjustment [0058]. In this example, as shown in Table 7, a total of 12 kinds of transparent electric conduction films were formed. Patterning of 12 kinds of these transparent electric conduction films was carried out to the circuit pattern with a wiring length of about 250mm by wiring width of face of 10 micrometers, and the sample of the panel for liquid crystal of a 15 inch class was created.

[0059] The refractive index of the 12

above-mentioned kinds of samples was measured by the ellipsometer, and resistance was measured with the commercial resistance circuit tester. Consequently, the transparent electric conduction film with which are satisfied of both the light transmission as which neither of the cases can make a light transmission 80% or more on the wavelength of 400nm simultaneously by 700nm, but is required by the large area liquid crystal display of a 15 inch class as shown in Table 7, and wiring resistance is not obtained.

[0060]

[Table 7]

第1層 ITO		第2層 Ag		第3層 ITO		合計 膜厚 (nm)	透過率 (%)		配線 抵抗 (KΩ)
膜厚 (nm)	膜厚 (nm)	膜厚 (nm)	膜厚 (nm)	膜厚 (nm)	膜厚 (nm)		400nm	700nm	
1.9	50	.05	15	1.9	80	145	56	72	23.21
1.9	50	.05	15	1.9	80	125	57	81	23.49
1.9	50	.05	15	1.9	50	115	79	78	23.63
1.9	50	.05	15	1.9	40	105	90	71	23.78
1.9	50	.05	15	1.7	80	145	63	74	23.21
1.9	50	.05	15	1.7	80	125	78	74	23.49
1.9	50	.05	15	1.7	55	120	82	71	23.56
1.9	50	.05	15	1.7	50	115	87	68	23.63
1.9	50	.05	15	1.7	40	105	92	64	23.78
1.7	50	.05	15	1.7	55	120	80	65	23.56
1.7	40	.05	15	1.7	55	110	81	65	23.70
1.7	30	.05	15	1.7	55	100	79	62	23.85

[0061]

[Effect of the Invention] according to the transparent electric conduction film of this invention -- about 150nm thickness -- wiring resistance -- about twenty -- the transparent electric conduction film with which low resistance wiring which is kohms is enabled, and the light transmission in the range of 400nm - 700nm wavelength has 80% or more of

high transparency is realized Moreover, the transparent electric conduction film of 5 lamination of this invention can also form a circuit pattern by one patterning. Therefore, if the transparent electric conduction film of this invention is applied to the transparent electrode of a liquid crystal device, since the patterning process of wiring can be cut down without abnormalities occurring in the orientation state of liquid crystal under the influence of the level difference, the outstanding large area liquid crystal display without a display defect is realizable by the low cost.

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the \*\* type view showing the transparent electric conduction film of 5 lamination concerning the example of this invention.

[Drawing 2] It is the \*\* type view showing the transparent electric conduction film of 3 lamination concerning the example of comparison.

[Description of Notations]

0 Glass Substrate

1 ITO Film of 1st Layer

2 Ag Film of 2nd Layer

3 ITO Film of 3rd Layer

4 Ag Film of 4th Layer

5 ITO Film of 5th Layer

10 Glass Substrate

11 ITO Film of 1st Layer

12 Ag Film of 2nd Layer  
13 ITO Film of 3rd Layer

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-208554

(43) 公開日 平成10年(1998) 8月7日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

識別記号

F I

H 0 1 B 5/14

H 0 1 B 5/14

A

B 3 2 B 7/02

1 0 4

B 3 2 B 7/02

1 0 4

9/00

9/00

A

G 0 2 F 1/1343

G 0 2 F 1/1343

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号

特願平9-9971

(22) 出願日

平成9年(1997) 1月23日

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 高田 國夫

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ  
ノン株式会社内

(74) 代理人 弁理士 渡辺 敬介 (外1名)

(54) 【発明の名称】

透明導電膜及びそれを用いた液晶素子

(57) 【要約】

【課題】 薄膜で電気抵抗が小さく可視領域での光線透過率の高い透明導電膜を実現する。

【解決手段】 スズを添加した酸化インジウムからなる第1の層、高導電性金属膜からなる第2の層、スズを添加した酸化インジウムからなる第3の層、高導電性金属膜からなる第4の層、及びスズを添加した酸化インジウムからなる第5の層を順次積層してなる透明導電膜。

【効果】 液晶の配向異常に伴う表示欠陥の無い優れた大面積液晶ディスプレイを実現できる。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に、スズを添加した酸化インジウムからなる第1の層、高導電性金属膜からなる第2の層、スズを添加した酸化インジウムからなる第3の層、高導電性金属膜からなる第4の層、及びスズを添加した酸化インジウムからなる第5の層を順次積層してなる透明導電膜。

【請求項2】 請求項1において、高導電性金属膜からなる第2、第4の層がAgであることを特徴とする透明導電膜。

【請求項3】 請求項1において、高導電性金属膜からなる第2、第4の層の膜厚の合計が10nm乃至15nmの範囲にあることを特徴とする透明導電膜。

【請求項4】 請求項3において、高導電性金属膜からなる第4の層の膜厚が、第2の層の膜厚以下であることを特徴とする透明導電膜。

【請求項5】 請求項1において、スズを添加した酸化インジウムからなる第5の層の屈折率が、第1の層の屈折率以下であることを特徴とする透明導電膜。

【請求項6】 請求項1において、スズを添加した酸化インジウムからなる第5の層の膜厚が、第1の層の膜厚以下で且つ30nm乃至50nmの範囲にあることを特徴とする透明導電膜。

【請求項7】 請求項1乃至6のいずれかに記載の透明導電膜を有する液晶素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、可視光波長領域での光線透過率が良好で、電気抵抗（以下単に「抵抗」という）が小さく大電流電極として使用できる透明導電膜、及びそれを用いた液晶素子に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 透明導電膜にはスズ添加酸化インジウム膜（以下ITO膜という）、ZnO、SnO<sub>2</sub>などがあるがその中でもITO膜は、導電性でしかも可視光波長領域での光線透過率が良好なため、従来から各種のディスプレイおよび太陽電池の透明電極、熱反射ガラス、防曇、防水、帯電防止ガラス、電磁シールドガラスなどに利用されている。

【0003】 例えば表示用液晶ディスプレイにおいては近年ますます大面積化が進むとともに、表示密度の向上が図られるようになってきており、高い光線透過率と配線抵抗の低い透明導電膜が要求されるようになってきた。しかも、電極間距離はコントラストに大きく影響するので、透明導電膜の厚さは概ね150nm以下が求められる。このように表示用液晶ディスプレイでは表示品質の向上および生産性向上のためにより薄膜でかつ低抵抗な透明導電膜が求められるようになってきた。

【0004】 低抵抗な透明導電膜の作成技術として、In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、ZnOなどにSn、Alなどを添加したり、

あるいはFなどを添加する試みが従来からなされている。このような透明導電膜は一般的にスパッタリング法、蒸着法、イオンプレーティング法などを用いて形成される。そのなかでもIn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SnO<sub>2</sub>、ZnO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>などのターゲットまたは焼結ペレットを用いたスパッタリング法が多く用いられている。

【0005】 添加成分のドナー効果を高め低抵抗率を実現するためには、結晶化を高める必要があり、一般的には成膜中の基板温度を200℃～300℃の高温にする方法がとられている。しかし、最近注目されているカラーSTN方式の液晶ディスプレイでは有機カラーフィルター上に透明導電膜を形成する必要がある、成膜温度は200℃以下という低温成膜が求められており、基板温度を高温化することによる低抵抗化は採用できないのが現状である。

【0006】 これらの問題を解決するために、特開平6-68713号公報にみられるように低抵抗な透明導電膜としてAu、Ag、Cuなどの高導電性金属を超薄膜に形成する方法が考えられている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】 今日使用されている透明導電膜は、10インチクラスの液晶ディスプレイに対してはその配線抵抗は大きな問題とはならないが、15インチクラスの大面積液晶ディスプレイにおいては配線抵抗が大きくなるため、ITO等の膜厚を増大させてこの問題を解決しようとしていた。しかしながら膜厚が増大するとともに比抵抗は単調に増大するため大電流用電極として使用することが困難である。また液晶ディスプレイ用透明電極においては膜厚が300nm程度を上回るとその段差の影響によって液晶の配向状態に異常が発生し易く、表示欠陥の原因となる。そのため、できるだけ薄膜（150nm程度）で大電流を流せる透明電極が求められていた。

【0008】 また、従来は配線抵抗を下げるために、ITO膜上の一部にメタル膜を形成する手法がとられているが、この場合ITO膜の成膜後にパターンニングを行ない、しかる後に、メタル膜の成膜とパターンニングという2回のパターンニング工程が必要となり、工数が多くなるとともに非常にコスト高になっていた。

【0009】 また、Au、Ag、Cuなどの高導電性金属を超薄膜に形成することも試みられていたが、これらの高導電性金属膜は透明性が劣る上に単体では耐候性が著しく劣るため長期信頼性に欠けるという欠点があり実用的ではなかった。そのため、これらの高導電性金属の上下にITO膜を形成し保護する方法も考案されているが、15インチクラスの大面積液晶ディスプレイにおいて要求される可視領域での光線透過率と配線抵抗の双方を満足する透明導電膜を実現することは困難であった。

【0010】 本発明の目的は、かかる従来の透明導電膜の不具合を解消し、従来並みの膜厚で大面積液晶ディス

プレイにも適用可能な光線透過率と配線抵抗を有するとともに、1回のパターンニングで処理できる透明導電膜、更には液晶の配向異常による表示欠陥を抑制しつつ大面積化が可能な液晶素子を提供することにある。

#### 【0011】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成すべく成された本発明の構成は、以下の通りである。

【0012】即ち、本発明の第1は、基板上に、スズを添加した酸化インジウムからなる第1の層、高導電性金属膜からなる第2の層、スズを添加した酸化インジウムからなる第3の層、高導電性金属膜からなる第4の層、及びスズを添加した酸化インジウムからなる第5の層を順次積層してなる透明導電膜にある。

【0013】また、本発明の第2は、上記本発明第1の透明導電膜を有する液晶素子にある。

【0014】本発明の透明導電膜によれば、150nm程度の膜厚で配線抵抗が20数kΩ程度の低抵抗配線を可能とし、且つ波長400nm～700nmの範囲での光線透過率が80%以上の高い透明性を有する透明導電膜が実現される。そして、かかる透明導電膜を液晶素子の透明電極に適用すれば、その段差の影響によって液晶の配向状態に異常が発生することも無く、且つ液晶素子の面積化にも耐え得る光線透過率と配線抵抗を有するため、表示欠陥の無い優れた大面積液晶ディスプレイを実現することができる。

#### 【0015】

【発明の実施の形態】本発明において、第2、第4の層を構成する高導電性金属膜材料としては、Au、Ag、Cu等を用いることができ、コスト、耐食性、導電性の点で優れるAgが好ましい。

【0016】また、上記高導電性金属膜からなる第2、第4の層の膜厚は、それらの合計が10nm乃至15nmの範囲にあることが好ましい。かかる膜厚の合計が10nm未満であると、15インチクラスの面積液晶ディスプレイにおいて要求される配線抵抗（概ね30kΩ以下）を実現することは難しい。一方、かかる膜厚の合計が15nmを超えると、15インチクラスの面積液晶ディスプレイにおいて要求される可視領域の光線透過率（波長400nm～700nmの範囲で概ね80%以上）を実現することは難しい。

【0017】また、波長400nm～700nmの範囲での光線透過率の分布をフラットな望ましい分布にするためには、上記高導電性金属膜からなる第4の層の膜厚は、第2の層の膜厚以下にすることが好ましい。

【0018】また、スズを添加した酸化インジウムからなる第5の層の屈折率は、第1の層の屈折率以下であることが好ましい。これにより、15インチクラスの面積

[第1の層、第3の層、第5の層のITO膜]

到達真空度 :  $5 \times 10^{-5}$  Pa

ガス種類 : Ar = 300 sccm, O<sub>2</sub> = 1.3 sccm

積液晶ディスプレイにおいて要求される可視領域の光線透過率が得られる製造マージンが広がる。具体的には、第5の層の屈折率を第1の層の屈折率以下に設定した場合、第5の層の膜厚を、第1の層の膜厚以下で且つ概ね30nm乃至50nmの範囲に設定すれば、上記の光線透過率を実現することができる。

【0019】次に、本発明の透明導電膜の製造プロセスの具体例を説明する。

【0020】まずガラス基板を純水および超音波を用いて洗浄し、慣用の成膜手段、例えばスパッタリング法、イオンプレーティング法、CVD法などの公知の成膜方法を用いて、第1層としてSnを添加したIn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜（ITO膜）を所望の膜厚になるように形成する。第2層はAgをターゲットとしてスパッタリング法で形成し、第3層のITO膜は第1層のITO膜を形成するのと同じ方法で形成する。第4層のAg層は第2層のAg層と同じ方法で形成することができる。第5層のITO膜は第1層のITO膜を形成するのと同じ方法で形成することができる。

【0021】各層の膜厚は投入するパワーと成膜時間を変えることで制御することが可能である。屈折率についてはITO膜の場合は酸素分圧または基板加熱温度を制御することで可能であり、Agの場合はできるだけ不純ガスを混入させないような雰囲気で行く値に近い屈折率を持った膜を形成する。

【0022】成膜装置としては汎用のスパッタ装置あるいはCVD装置を使うことが可能であるが、一般的にはスパッタリング装置が用いられる。装置性能としては到達真空度が $2 \sim 5 \times 10^{-6}$  Pa程度の真空度を有する成膜装置を用いることができる。

#### 【0023】

【実施例】以下、本発明の実施例を詳細に説明する。

【0024】（実施例1）本実施例では、ガラス基板上に5層積層型の透明導電膜を形成した。図1はかかる透明導電膜の模式図であり、0はガラス基板、1は第1の層、2は第2の層、3は第3の層、4は第4の層、5は第5の層である。

【0025】まず、450mm×550mmのガラス基板を純水で洗浄し、しかる後に、第1の層としてITO膜を屈折率1.9、膜厚50nm、第2の層としてAgを表1に示すそれぞれの膜厚で形成し、第3の層としてITO膜を屈折率1.9、膜厚50nm、第4の層としてAgを表1に示すそれぞれの膜厚で形成し、最後に第5の層としてITO膜を屈折率1.9、膜厚50nm、となるように順次成膜して透明導電膜を形成した。各層の成膜条件は次の通りである。

#### 【0026】

ガス圧力 : 0.6 Pa

投入パワー : 2.0 W/cm<sup>2</sup>

〔第2の層、第4の層のAg〕

到達真空度 :  $5 \times 10^{-5}$  Pa

ガス種類 : Ar = 210 sccm

ガス圧力 : 0.9 Pa

投入パワー : 0.5 ~ 1.2 W/cm<sup>2</sup> の範囲で各膜厚に合わせて調整

【0027】本実施例では、第2の層と第4の層のAgを同じ膜厚に設定し、これらの合計した膜厚が30 nm、25 nm、20 nm、15 nm、10 nmである5種類の透明導電膜を形成した。かかる5種類の透明導電膜を、配線幅10 μmで配線長さ約250 mmの配線パターンにパターンニングして15インチクラスの液晶用パネルのサンプルを作成した。

【0028】上記5種類のサンプルの屈折率をエリブソメーターで測定し、市販の抵抗値テスターで抵抗値を測定した。その結果、表1に示すように第2の層と第4の\*

\*層のAgの合計した膜厚が20 nm以上のものにあつては十分な光線透過率（波長400 nm ~ 700 nmの範囲での透過率）が得られていないが、第2の層と第4の層のAgの合計した膜厚が10 nm ~ 15 nmのものにあつては透過率は80%近く、配線抵抗もほぼ実用域の透明導電膜を形成することができた。尚、第2の層と第4の層のAgの合計した膜厚が10 nmより薄くなると配線抵抗が大きくなり過ぎる。

【0029】

【表1】

第1層		第2層		第3層		第4層		第5層			透過率 (%)		配線抵抗
ITO		Ag		ITO		Ag		ITO					
屈折率	膜厚 (nm)	屈折率	膜厚 (nm)	屈折率	膜厚 (nm)	屈折率	膜厚 (nm)	屈折率	膜厚 (nm)	合計膜厚 (nm)	波長 400nm	波長 700nm	合成抵抗 [KΩ]
1.9	50	.05	15	1.9	50	.06	15	1.9	50	180	72	27	12.0
1.9	50	.05	12.5	1.9	50	.06	12.5	1.9	50	175	76	43	14.3
1.9	50	.05	10	1.9	50	.06	10	1.9	50	170	77	65	17.6
1.9	50	.05	7.5	1.9	50	.06	7.5	1.9	50	165	78	83	22.9
1.9	50	.05	5	1.9	50	.06	5	1.9	50	160	80	93	32.9

【0030】（実施例2）実施例1と同様に450 mm × 550 mmのガラス基板を純水で洗浄し、しかる後に、第1の層としてITO膜を屈折率1.9、膜厚50 nm、第2の層としてAgを第5の層のAgとの合計した膜厚が15 nmとなるようにして表2に示すそれぞれの膜厚で形成し、第3の層としてITO膜を屈折率1.9、膜厚50 nm、第4の層としてAgを第2の層のAg

※gとの合計した膜厚が15 nmとなるようにして表2に示すそれぞれの膜厚で形成し、最後に第5の層としてITO膜を屈折率1.9、膜厚50 nm、となるように順次成膜して透明導電膜を形成した。各層の成膜条件は次の通りである。

【0031】

〔第1の層、第3の層、第5の層のITO膜〕

到達真空度 :  $5 \times 10^{-5}$  Pa

ガス種類 : Ar = 300 sccm、O<sub>2</sub> = 1.3 sccm

ガス圧力 : 0.6 Pa

投入パワー : 2.0 W/cm<sup>2</sup>

〔第2の層、第4の層のAg〕

到達真空度 :  $5 \times 10^{-5}$  Pa

ガス種類 : Ar = 210 sccm

ガス圧力 : 0.9 Pa

投入パワー : 0.5 ~ 1.2 W/cm<sup>2</sup> の範囲で各膜厚に合わせて調整

【0032】本実施例では、第2の層と第4の層のAgの合計した膜厚を15 nmに設定し、これらの膜厚が異なる組み合わせで5種類の透明導電膜を形成した。かかる5種類の透明導電膜を、配線幅10 μmで配線長さ約250 mmの配線パターンにパターンニングして15イ

ンチクラスの液晶用パネルのサンプルを作成した。

【0033】上記5種類のサンプルの屈折率をエリブソメーターで測定し、市販の抵抗値テスターで抵抗値を測定した。その結果、表2に示すように第4の層のAgが第2の層のAgの膜厚よりも小さいものにあつては、波

長400nm～700nmの範囲での光線透過率がほぼフラットな好ましい分布を示すことがわかった。また、第4の層のAgと第2の層のAgの膜厚が等しい場合に透過率が最も高く、第4の層のAgが第2の層のAgの膜厚よりも大きくなると透過率が低下する傾向がある。\*

\*以上のことから、第4の層のAgの膜厚は第2の層のAgの膜厚以下に設定するのが好ましい。

【0034】

【表2】

第1層		第2層		第3層		第4層		第5層			透過率 (%)		配線抵抗
ITO		Ag		ITO		Ag		ITO					
屈折率	膜厚 (nm)	屈折率	膜厚 (nm)	屈折率	膜厚 (nm)	屈折率	膜厚 (nm)	屈折率	膜厚 (nm)	合計膜厚 (nm)	波長 400nm	波長 700nm	
1.9	50	.05	13	1.9	50	.05	2	1.9	50	165	68	67	22.9
1.9	50	.05	10	1.9	50	.05	5	1.9	50	165	76	79	22.9
1.9	50	.05	7.5	1.9	50	.05	7.5	1.9	50	165	79	84	22.9
1.9	50	.05	5	1.9	50	.05	10	1.9	50	165	78	83	22.9
1.9	50	.05	3	1.9	50	.05	12	1.9	50	165	76	80	22.9

【0035】(実施例3) 実施例1と同様に450mm×550mmのガラス基板を純水で洗浄し、しかる後に、第1の層としてITO膜を屈折率1.9、膜厚50nm、第2の層としてAgを膜厚10nmで形成し、第3の層としてITO膜を屈折率1.9、膜厚50nm、第4の層としてAgを膜厚5nmで形成し、最後に第5※

※の層として表3に示すようにITO膜の屈折率を1.9から1.7の範囲、膜厚50nmから10nm(屈折率を1.7としたものにあつては膜厚60nmから20nm)の範囲で、順次成膜して透明導電膜を形成した。各層の成膜条件は次の通りである。

【0036】

[第1の層、第3の層のITO膜]

到達真空度 :  $5 \times 10^{-5}$  Pa

ガス種類 : Ar = 300 sccm、O<sub>2</sub> = 1.3 sccm

ガス圧力 : 0.6 Pa

投入パワー : 2.0 W/cm<sup>2</sup>

[第2の層、第4の層のAg]

到達真空度 :  $5 \times 10^{-5}$  Pa

ガス種類 : Ar = 210 sccm

ガス圧力 : 0.9 Pa

投入パワー : 0.5～1.2 W/cm<sup>2</sup> の範囲で各膜厚に合わせて調整

[第5の層のITO膜]

到達真空度 :  $5 \times 10^{-5}$  Pa

ガス種類 : Ar = 300 sccm、O<sub>2</sub> = 0.8～4.0 sccm

ガス圧力 : 0.6 Pa

投入パワー : 0.5～2.0 W/cm<sup>2</sup> の範囲で各膜厚に合わせて調整

【0037】本実施例では、第5の層のITO膜の屈折率を3種類、膜厚をそれぞれ5種類に設定し、計15種類の透明導電膜を形成した。かかる15種類の透明導電膜を、配線幅10μmで配線長さ約250mmの配線パターンにパターンニングして15インチクラスの液晶用パネルのサンプルを作成した。

【0038】上記15種類のサンプルの屈折率をエリブソメーターで測定し、市販の抵抗値テスターで抵抗値を測定した。その結果、表3に示すように第5の層の屈折率を第1の層の屈折率以下に設定した本実施例においては、大面積液晶ディスプレイで要求される150nm程

度の膜厚で配線抵抗が25kΩ以下の低抵抗配線を可能とし、且つ波長400nm～700nmの範囲での光線透過率が80%以上の高い透明性を有する透明導電膜が実現された。特に、第5の層のITO膜の屈折率を1.7に設定したものにあつては、上記要求を満足する範囲が広く、具体的には、第5の層の膜厚を、第1の層の膜厚以下で且つ概ね30nm乃至50nmの範囲に設定すれば、実用範囲の配線を実現できることがわかった。

【0039】

【表3】

第1層		第2層		第3層		第4層		第5層				透過率 (%)		配線 抵抗
ITO		Ag		ITO		Ag		ITO						
屈折率	膜厚 (nm)	屈折率	膜厚 (nm)	屈折率	膜厚 (nm)	屈折率	膜厚 (nm)	屈折率	膜厚 (nm)	合計 膜厚 (nm)	波長 400nm	波長 700nm	合成 抵抗 [KΩ]	
1.9	50	.05	10	1.9	50	.05	5	1.9	50	185	75	79	22.9	
1.9	50	.05	10	1.9	50	.06	5	1.9	40	156	76	83	23.1	
1.9	50	.05	10	1.9	50	.06	5	1.9	30	145	77	84	23.2	
1.9	50	.05	10	1.9	50	.06	5	1.9	20	135	82	80	23.3	
1.9	50	.05	10	1.9	50	.06	5	1.9	10	125	87	72	23.5	
1.9	50	.05	10	1.9	50	.05	5	1.8	50	185	79	81	22.9	
1.9	50	.05	10	1.9	50	.06	5	1.8	40	155	79	83	23.1	
1.9	50	.05	10	1.9	50	.05	5	1.8	30	145	80	82	23.2	
1.9	50	.05	10	1.9	50	.06	5	1.8	20	135	84	77	23.3	
1.9	50	.05	10	1.9	50	.05	5	1.8	10	125	88	77	23.5	
1.9	50	.05	10	1.9	50	.05	5	1.7	60	175	83	78	22.8	
1.9	50	.05	10	1.9	50	.05	5	1.7	50	165	82	82	22.9	
1.9	50	.05	10	1.9	50	.06	5	1.7	40	155	82	82	23.1	
1.9	50	.05	10	1.9	50	.06	5	1.7	30	145	83	80	23.2	
1.9	50	.05	10	1.9	50	.05	5	1.7	20	135	85	75	23.3	

【0040】（実施例4）実施例1と同様に450mm×550mmのガラス基板を純水で洗浄し、しかる後に、第1の層として表4に示すようにITO膜の屈折率を1.9から1.7の範囲、膜厚を50nmから10nmの範囲で形成し、第2の層としてAgを膜厚10nmで形成し、第3の層としてITO膜を屈折率1.9、膜\*

\*厚50nm、第4の層としてAgを膜厚5nmで形成し、最後に第5層の層としてITO膜を屈折率1.9、膜厚50nmとなるように順次成膜して透明導電膜を形成した。各層の成膜条件は次の通りである。

【0041】

〔第1の層のITO膜〕

到達真空度 :  $5 \times 10^{-5}$  Pa

ガス種類 : Ar=300sccm、O<sub>2</sub>=0.8~4.0sccm

ガス圧力 : 0.6Pa

投入パワー : 0.5~2.0W/cm<sup>2</sup> の範囲で各膜厚に合わせて調整

〔第2の層、第4の層のAg〕

到達真空度 :  $5 \times 10^{-5}$  Pa

ガス種類 : Ar=210sccm

ガス圧力 : 0.9Pa

投入パワー : 0.5~1.2W/cm<sup>2</sup> の範囲で各膜厚に合わせて調整

〔第3の層、第5の層のITO膜〕

到達真空度 :  $5 \times 10^{-5}$  Pa

ガス種類 : Ar=300sccm、O<sub>2</sub>=1.3sccm

ガス圧力 : 0.6Pa

投入パワー : 2.0W/cm<sup>2</sup>

【0042】本実施例では、第1の層のITO膜の屈折率を3種類、膜厚をそれぞれ5種類に設定し、計15種類の透明導電膜を形成した。かかる15種類の透明導電膜を、配線幅10μmで配線長さ約250mmの配線パターンにパターンニングして15インチクラスの液晶用パネルのサンプルを作成した。

【0043】上記15種類のサンプルの屈折率をエリブ 50

ソメーターで測定し、市販の抵抗値テスターで抵抗値を測定した。その結果、実施例3とは逆に第1の層の屈折率を第5の層の屈折率以下に設定した本実施例においては、第1の層の膜厚を50nmから10nmの範囲で変化させても、波長400nm~700nmの範囲で光線透過率を双方とも同時に80%以上にすることはできなかった。このことから、実施例3のように第5の層の

屈折率を第1の層の屈折率以下に設定することは大きな \*【0044】  
意義があることが実証された。

\*【表4】

第1層		第2層		第3層		第4層		第5層		合計 膜厚 (nm)	透過率 (%)		配線 抵抗
ITO		Ag		ITO		Ag		ITO			400nm	700nm	
屈折率	膜厚 (nm)	屈折率	膜厚 (nm)	屈折率	膜厚 (nm)	屈折率	膜厚 (nm)	屈折率	膜厚 (nm)				
1.9	50	.05	10	1.9	50	.05	5	1.9	50	165	75	79	22.9
1.9	40	.05	10	1.9	50	.05	5	1.9	50	155	79	78	23.1
1.9	30	.05	10	1.9	50	.05	5	1.9	50	145	83	75	23.2
1.9	20	.05	10	1.9	50	.05	5	1.9	50	135	86	72	23.3
1.9	10	.05	10	1.9	50	.05	5	1.9	50	125	87	70	23.5
1.8	50	.05	10	1.9	50	.05	5	1.9	50	165	79	76	22.9
1.8	40	.05	10	1.9	50	.05	5	1.9	50	155	82	75	23.1
1.8	30	.05	10	1.9	50	.05	5	1.9	50	145	85	73	23.2
1.8	20	.05	10	1.9	50	.05	5	1.9	50	135	86	71	23.3
1.8	10	.05	10	1.9	50	.05	5	1.9	50	125	86	69	23.5
1.7	50	.05	10	1.9	50	.05	5	1.9	50	165	82	73	22.9
1.7	40	.05	10	1.9	50	.05	5	1.9	50	155	84	72	23.1
1.7	30	.05	10	1.9	50	.05	5	1.9	50	145	86	71	23.2
1.7	20	.05	10	1.9	50	.05	5	1.9	50	136	86	70	23.3
1.7	10	.05	10	1.9	50	.05	5	1.9	50	125	86	69	23.5

【0045】（比較例1）本実施例では、ガラス基板上に3層積層型の透明導電膜を形成した。図2はかかる透明導電膜の模式図であり、10はガラス基板、11は第1の層、12は第2の層、13は第3の層である。

【0046】まず、450mm×550mmのガラス基板を純水で洗浄し、しかる後に、第1の層としてITO※30

※膜を屈折率1.9、膜厚60nm、第2の層としてAgを表5に示すそれぞれの膜厚で形成し、第3の層としてITO膜を屈折率1.9、膜厚60nm、となるように順次成膜して透明導電膜を形成した。各層の成膜条件は次の通りである。

\*【0047】

〔第1の層、第3の層のITO膜〕

到達真空度 :  $5 \times 10^{-5}$  Pa

ガス種類 : Ar = 300 sccm、O<sub>2</sub> = 1.3 sccm

ガス圧力 : 0.6 Pa

投入パワー : 2.0 W/cm<sup>2</sup>

〔第2の層のAg〕

到達真空度 :  $5 \times 10^{-5}$  Pa

ガス種類 : Ar = 210 sccm

ガス圧力 : 0.9 Pa

投入パワー : 0.5~1.2 W/cm<sup>2</sup> の範囲で各膜厚に合わせて調整

【0048】本比較例では、第2の層のAgの膜厚が30nm、25nm、20nm、15nm、10nmである5種類の透明導電膜を形成した。かかる5種類の透明導電膜を、配線幅10μmで配線長さ約250mmの配線パターンにパターンニングして15インチクラスの液晶パネルのサンプルを作成した。

【0049】上記5種類のサンプルの屈折率をエリプソメーターで測定し、市販の抵抗値テスターで抵抗値を測

定した。その結果、本比較例は、Agの総膜厚が等しい実施例1のものと比較して、ITOの総膜厚が薄いにもかかわらず、波長700nmの光線透過率は同等であるものの、波長400nmの光線透過率は極めて劣っていた。このことから、本発明のように透明導電膜を5層構成とすることには大きな意義があることが実証された。

\*【0050】

\*【表5】

13						14			
第1層		第2層		第3層			透過率 (%)		配線抵抗
ITO		Ag		ITO			合計膜厚 (nm)	波長 400nm	
屈折率	膜厚 (nm)	屈折率	膜厚 (nm)	屈折率	膜厚 (nm)	波長 400nm			波長 700nm
1.9	60	.05	30	1.9	60	150	31	32	12.11
1.9	60	.05	25	1.9	60	145	40	46	14.43
1.9	60	.05	20	1.9	60	140	50	64	17.83
1.9	60	.05	15	1.9	60	135	62	82	23.35
1.9	60	.05	10	1.9	60	130	74	95	33.80

【0051】（比較例2）比較例1と同様に450mm×550mmのガラス基板を純水で洗浄し、しかる後に、第1の層としてITO膜を膜厚は60nmで屈折率を1.9、1.8、1.7の3つのケースで形成し、第2の層としてAgの膜厚を10nmと20nmの2つの\*

\*ケースで形成し、最後に第3の層としてITO膜を膜厚は60nmで屈折率は第1の層のITO膜と同じ屈折率で形成し、これらを順次成膜した3層構造の透明導電膜を形成した。各層の成膜条件は次の通りである。

【0052】

〔第1の層、第3の層のITO膜〕

到達真空度 :  $5 \times 10^{-5}$  Pa

ガス種類 : Ar = 300 sccm、O<sub>2</sub> = 0.8~4.0 sccm

ガス圧力 : 0.6 Pa

投入パワー : 2.0 W/cm<sup>2</sup>

〔第2の層のAg〕

到達真空度 :  $5 \times 10^{-5}$  Pa

ガス種類 : Ar = 210 sccm

ガス圧力 : 0.9 Pa

投入パワー : 0.5~1.2 W/cm<sup>2</sup> の範囲で各膜厚に合わせて調整

【0053】本実施例では、表6に示すようにITO膜の屈折率とAgの膜厚の異なる計6種類の透明導電膜を形成した。かかる6種類の透明導電膜を、配線幅10μmで配線長さ約250mmの配線パターンにパターンニングして15インチクラスの液晶用パネルのサンプルを作成した。

【0054】上記6種類のサンプルの屈折率をエリブソメーターで測定し、市販の抵抗値テスターで抵抗値を測定した。その結果、表6に示すように第2層のAgが20nmのときは透過率が低く実用は不可能である。第2※

※層のAgが15nmのときに第1層と第3層のITOの屈折率が1.9で膜厚が50nmに限り波長が400nmから700nmの範囲で光線透過率がいずれも78%を超えており、やや可能性があるが非常に製造マージンが狭く実用的ではない。このように、波長400nmから700nmの範囲で光線透過率をいずれも80%を超えるためには3層構成の透明導電膜では非常に困難であることがわかった。

【0055】

〔表6〕

第1層		第2層		第3層			透過率		配線抵抗
ITO		Ag		ITO			(%)		
屈折率	膜厚 (nm)	屈折率	膜厚 (nm)	屈折率	膜厚 (nm)	合計膜厚 (nm)	波長 400nm	波長 700nm	合成抵抗 [KΩ]
1.9	60	.05	20	1.9	60	140	50	64	17.83
1.8	60	.05	20	1.8	60	140	58	56	17.83
1.7	60	.05	20	1.7	60	140	63	48	17.83
1.9	50	.05	15	1.9	50	115	79	78	23.63
1.8	50	.05	15	1.8	50	115	82	70	23.63
1.7	50	.05	15	1.7	50	115	85	63	23.63

【0056】（比較例3）比較例1と同様に450mm 50 × 550mmのガラス基板を純水で洗浄し、しかる後

に、第1の層としてITO膜を膜厚は50nmで屈折率は1.9と1.7の2つのケースで形成し、第2の層としてAgの膜厚を15nmで形成し、最後に第3の層としてITO膜を屈折率1.9と1.7の2つのケースで膜\*

〔第1の層のITO膜〕

到達真空度 :  $5 \times 10^{-5}$  Pa

ガス種類 : Ar = 300 sccm, O<sub>2</sub> = 0.8 ~ 4.0 sccm

ガス圧力 : 0.6 Pa

投入パワー : 1.0 ~ 2.0 W/cm<sup>2</sup> の範囲で各膜厚に合わせて調整

〔第2の層のAg〕

到達真空度 :  $5 \times 10^{-5}$  Pa

ガス種類 : Ar = 210 sccm

ガス圧力 : 0.9 Pa

投入パワー : 1.0 W/cm<sup>2</sup>

〔第3の層のITO膜〕

到達真空度 :  $5 \times 10^{-5}$  Pa

ガス種類 : Ar = 300 sccm, O<sub>2</sub> = 0.8 ~ 4.0 sccm

ガス圧力 : 0.6 Pa

投入パワー : 0.5 ~ 2.0 W/cm<sup>2</sup> の範囲で各膜厚に合わせて調整

【0058】本実施例では、表7に示すように計12種類の透明導電膜を形成した。かかる12種類の透明導電膜を、配線幅10μmで配線長さ約250mmの配線パターンにパターンニングして15インチクラスの液晶用パネルのサンプルを作成した。

【0059】上記12種類のサンプルの屈折率をエリプソメーターで測定し、市販の抵抗値テスターで抵抗値を※

\*厚を80nmから40nmの種々のケースで形成し、これらを順次成膜した3層構造の透明導電膜を形成した。各層の成膜条件は次の通りである。

【0057】

20※測定した。その結果、表7に示すようにいずれのケースも波長400nmと700nmで光線透過率を同時には80%以上にする事はできず、15インチクラスの大面積液晶ディスプレイで要求される光線透過率と配線抵抗の両方を満足する透明導電膜は得られていない。

【0060】

【表7】

第1層		第2層		第3層		合計 膜厚 (nm)	透過率 (%)		配線 抵抗 [KΩ]
ITO		Ag		ITO			波長 400nm	波長 700nm	
屈折率	膜厚 (nm)	屈折率	膜厚 (nm)	屈折率	膜厚 (nm)				
1.9	50	.05	15	1.9	80	145	56	72	23.21
1.9	50	.05	15	1.9	60	125	67	81	23.49
1.9	50	.05	15	1.9	50	115	79	78	23.63
1.9	50	.05	15	1.9	40	105	90	71	23.78
1.9	50	.05	15	1.7	80	145	63	74	23.21
1.9	50	.05	15	1.7	60	125	78	74	23.49
1.9	50	.05	15	1.7	55	120	82	71	23.56
1.9	50	.05	15	1.7	50	115	87	68	23.63
1.9	50	.05	15	1.7	40	105	92	64	23.78
1.7	50	.05	15	1.7	55	120	80	65	23.56
1.7	40	.05	15	1.7	55	110	81	65	23.70
1.7	30	.05	15	1.7	55	100	79	62	23.85

【0061】

【発明の効果】本発明の透明導電膜によれば、150nm程度の膜厚で配線抵抗が20数kΩの低抵抗配線を可能とし、且つ波長400nm~700nmの範囲での光線透過率が80%以上の高い透明性を有する透明導電膜が実現される。また、本発明の5層構成の透明導電膜

は、1回のパターンニングで配線パターンを形成することもできる。したがって、本発明の透明導電膜を液晶素子の透明電極に適用すれば、その段差の影響によって液晶の配向状態に異常が発生することも無く、且つ配線のパターンニング工程を削減できるため、表示欠陥の無い優れた大面積液晶ディスプレイを低コストで実現するこ

17

とができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例に係る5層構成の透明導電膜を示す模式図である。

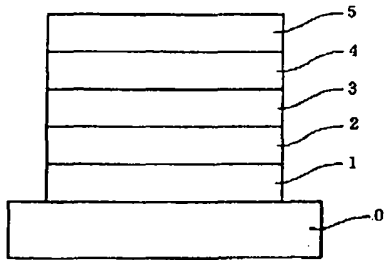
【図2】比較例に係る3層構成の透明導電膜を示す模式図である。

【符号の説明】

0 ガラス基板

1 第1の層のITO膜

【図1】



18

2 第2の層のAg膜

3 第3の層のITO膜

4 第4の層のAg膜

5 第5の層のITO膜

10 ガラス基板

11 第1の層のITO膜

12 第2の層のAg膜

13 第3の層のITO膜

【図2】

